**Лекції 11-13. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

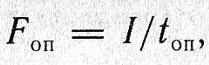
**1. Формалізація процесів перетворення інформації**

Діяльність оператора в системах "людина - машина" представляється у вигляді послідовності закінчених етапів перетворення інформації. У випадку можна назвати такі основні етапи: прийом інформації, оцінка і переробка інформації, прийняття рішення, реалізація прийнятого рішення. Ці укрупнені етапи у разі потреби можна деталізувати більш дрібні.

Формалізований опис процесів перетворення інформації людиною пов'язані з розробкою математичних моделей діяльності людини-оператора. Різноманітність та складність факторів, що впливають на систему «людина — машина», робить проблематичною розробку єдиної комплексної моделі оператора, придатної для всіх випадків її різноманітної діяльності. Тому найприйнятніший шлях моделювання операторської діяльності — це побудова моделей окремих операцій чи етапів діяльності оператора. Повна модель діяльності оператора може бути представлена у вигляді комплексу взаємопов'язаних приватних моделей, що відображають як конкретні види діяльності (спостереження, стеження, інформаційний пошук тощо), так і окремі кількісні характеристики (пропускну здатність, надійність, інтенсивність тощо) .).

Характерні прийоми формалізації процесів переробки інформації оператором розглянемо з прикладу діяльності у складі інформаційно-вимірювальної системи, використовуваної для експериментальних досліджень складних об'єктів.

Однією з важливих характеристик таких систем є пропускна здатність, яка визначається пропускною здатністю людини — максимальною швидкістю переробки інформації, якої може досягти людина в певних умовах:



де І - кількість інформації, що переробляється; *ton* — час переробки інформації оператором.

В певних межах (до Fonrnax) *Fon* можна збільшувати, зменшуючи час, що витрачається людиною на всі маніпуляції з інформацією. Зменшення *ton* може бути досягнуто за рахунок раціонального вибору структури та складу СОІ, організації її роботи, форми подання інформації тощо. Проведемо оцінку тимчасових витрат оператора з переробки інформації. p align="justify"> При формалізації процесів переробки інформації оператором приймається припущення, що механізм переробки інформації людини функціонує як одноканальна система, тобто приймається гіпотеза послідовного розгортання дій. Витрати часу визначаються такими основними факторами: - кількістю інформації, яку необхідно переробляти оператору в одиницю часу; формою подання інформації; кількістю та конструктивними особливостями пристроїв відображення та органів управління; значимістю інформації, що надходить.

Діяльність оператора в системі укрупнено можна розділити на три етапи.

1. Інформаційний пошук - пошук, виявлення, сприйняття та декодування інформації, що пред'являється СОІ. Час оператора на цьому етапі складається з наступних складових:

а) часу прийому сигналу *ti,* включає пошук змін на індикаторах СОІ та сприйняття сигналу;

б) часу виявлення сигналу з безлічі можливих *ti,* тобто виділення релевантного сигналу;

в) часу визначення (декодування) повідомлення *t3.*

1. 1. Оперативний дослідницький процес (прийняття рішення) - прийняття рішення щодо приведення ходу експерименту до бажаної або його навмисної зміни. Час оператора на цьому етапі характеризується часом вирішення задачі *t.*

2. Управління - формування рішення та його кодування мовою командного апарату; пошук засобів реалізації та реалізація рішення шляхом здійснення команд. Час оператора цьому етапі складається з: а) часу формування команди t$ (формування рішення та її кодування мовою командного апарату); б) часу пошуку коштів реалізації/6; в) час реалізації команди ti.

Структура та алгоритм роботи СОІ визначають часові витрати оператора на перших двох етапах. При розгляді цих витрат систему відображення представимо у вигляді деякої інформаційної панелі (сенсорне поле оператора), на якій розташовані пристрої відображення, кожне з яких забезпечує видачу у сигналів. Створення проблемної ситуації, яка потребує будь-яких дій оператора, відображається появою відповідної комбінації сигналів на певній групі пристроїв подання \i\ — цт. При цьому та сама група пристроїв може використовуватися при формуванні ряду повідомлень. Розбиття всієї множини УОІ за принципом їх спільного використання дозволяє виділити підмножини d - dn приладів (основні групи приладів), що мають рівну частоту застосування.

**2. Етапи перетворення інформації**

***2.1. Процес прийому сигналів*** не є простим скануванням УОІ інформаційної панелі. Навчений оператор найчастіше оглядає ті прилади, ймовірність появи корисної інформації на яких, згідно з його досвідом, найбільша. Його алгоритм збігається зі структурою причинно-наслідкових зв'язків, що існують у цій системі. Це означає, що, виявивши УОІ, що несе релевантну інформацію, оператор продовжуватиме лише цілеспрямований пошук. Така поведінка характерна для операторів АСУ, де вони можуть накопичувати знання щодо поведінки керованого об'єкта. Специфіка діяльності оператора в системі, що розглядається (недолік апріорних відомостей про поведінку досліджуваного об'єкта), особливості людської психіки призводять до того, що діяльність оператора з прийому інформації завжди відрізняється за тимчасовими витратами від оптимальної.

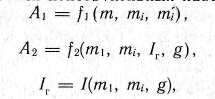
Максимальний час, який витрачається оператором на прийом сигналу, може бути представлений у вигляді деякої функції



де AI - середня кількість приладів, оглянутих оператором до виявлення релевантної групи; Л2 — середня кількість приладів, що додатково оглядаються, завдяки наявності груп, що перетинаються;

nii - число приладів у релевантній групі; тер - фізіологічний час сприйняття сигналу, т - час, що витрачається; оператором на рух під час огляду одного |р, індикатора.

А і Л 2 є функціями конструктивних параметрів індикаторів:



де ml - число приладів, що потрапляють у поле зору оператора (m, '; sm,); m\ - число індикаторів, що належать тільки обраній групі приладів з основних груп d -dn (m ^ raj);

g - число гіпотез (число основних груп приладів, що перетинаються); /г - кількість інформації, що переробляється оператором при аналізі гіпотез (при вирішенні питання про те, до якої з основних груп належить прилад, що несе повідомлення).

***2.2. Процес виявлення сигналу*** зводиться до виділення (вибору) людиною з . всієї безлічі можливих повідомлень повідомлення, пред'явленого йому УОІ. Час власне виявлення повідомлення тга пропорційно ентропії вибору Ну. Однак для складних умов роботи оператора у виразі для визначення часу, що витрачається оператором на процес виявлення сигналу, повинні враховуватися: значимість інформації, інформаційне тло (шум), на якому відбувається сприйняття сигналу; велика кількість «зайвої» інформації, що переробляється оператором при розгляді гіпотез про причинно-наслідковий зв'язок; наявність процесу забування вже прийнятих повідомлень тощо.

Максимальний час, що витрачається оператором на процес виявлення сигналу,



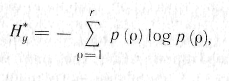
де Ну - інформаційне тло - середня ентропія УОІ, розташованих на інформаційній панелі; W - час прийому одиниці інформації (деяка спадна функція кількості інформації, що переробляється, і значущості її для оператора); 1\*(у) — корисна інформація, отримана від обраної оператором основної групи приладів di — dn: If(y) = m,log,(m/ ); Н \* д - Середня ентропія однотипних станів УОІ.

Для практичних розрахунків Ну може бути оцінено за виразом



де m - загальна кількість УОІ на панелі; / - Середня кількість повідомлень, що формуються УОІ.

Ентропія однотипних станів Hi характеризує додаткове ускладнення умов виявлення повідомлень, що викликається різними початковими або нормальними станами УОІ за відсутності змін на інформаційній панелі:



де г - Число груп однотипних станів; р(р) - ймовірність використання р-ї групи однотипних станів.

***2.3. Процес визначення (декодування) повідомлення,*** яке несуть сигнали.

Час декодування повідомлення:



Час декодування повідомленняТут lyj(Xi) — інформація, що переробляється оператором при декодуванні повідомлення, полученого від \i-ro приладу з т,-ї групи приладів, оглянутих опера-TODOM:сигнали, пов'язані з створенням за цими сигналами картини стану про ходу керування.

**2.4. *Процес вирішення задачі належить до найбільш складних***.



Розв'язання задачі, що виникає при прийомі релевантного повідомлення за показаннями цієї групи індикаторів, найчастіше пов'язане зі здійсненням низки логічних операцій. Отримавши інформацію за показаннями (г-го приладу групи т/ у кількості laj(xi), оператор визначає значення першої логічної посилки. При цьому до Iyj(xi) оператор додає вилучену з пам'яті інформацію в кількості, що дорівнює одній одиниці, і фіксує нове значення в пам'яті Останнє пов'язане з передачею в пам'ять додаткової одиниці інформації На наступному етапі до інформації про значення першої логічної посилки, що витягується з пам'яті, додається інформація, яку оператор отримує від будь-якого з тих, що залишилися (т,-— 1 ) приладів Знову визначається значення логічної посилки і фіксується її значення в пам'яті Процес аналізу інформації, що надходить, триває доти, доки не буде визначена повністю вся складна логічна функція.

При прийнятій схемі розв'язання задачі загальна кількість інформації, що бере участь у процесі розв'язання,



Тут /осм - інформація, що переробляється оператором при послідовному огляді приладів основної групи; /доб — додаткова інформація, що виникає у разі необхідності у обчисленнях до ухвалення рішення. Час t^, що витрачається на процес вирішення, залежить від ^¥ та / :



Час, що витрачається оператором на інформаційний пошук та рішення,

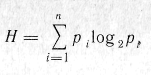


**3. Математичні моделі у проектуванні систем відображення інформації**

Ускладнення функцій, структури та складу СОІ призводить до необхідності дедалі ширше використовувати методи математичного моделювання при проектуванні СОІ. Основу його становлять математичні моделі діяльності людини-оператора. В даний час розроблений ряд моделей, що відрізняються за ступенем обліку людського фактора та зовнішнього середовища, за описом етапів та процедур діяльності, придатних у цьому чи іншому ступені для проектування СОІ.

Найбільш широко використовуються математичні моделі діяльності людини, розроблені на основі методів теорії інформації, теорії масового обслуговування, теорії автоматичного регулювання.

Застосування теорії інформації засноване на поданні людини у вигляді одноканальної системи обробки інформації з обмеженою пропускною здатністю, оцінка якої проводиться з використанням основного поняття теорії інформації – кількості інформації, що розраховується за формулою



де pi - ймовірність появи г'го сигналу; п - загальна кількість різних сигналів.

У діяльності людини-оператора з переробки інформації виділяють ряд етапів: прийом сигналів, виявлення сигналів, визначення повідомлення, процес вирішення та ін. На кожному з етапів діяльності оператор переробляє певну кількість інформації. Час, що витрачається на переробку інформації, обчислюється для кожного етапу і є величиною, пропорційною кількості оброблюваної інформації.

Основні обмеження застосування теорії інформації для побудови моделей діяльності людини-оператора пов'язані з складністю обліку семантичного та прагматичного аспектів інформації, а також з тим, що не враховується час надходження сигналів. Тому застосування моделей, заснованих на використанні теорії інформації, справедливе, якщо:

чітко визначено алфавіт використовуваних людиною сигналів та ймовірність їх появи;

сигнали за своїм смисловим значенням приблизно рівноцінні для оператора; характеристики працездатності оператора в межах досліджуваного відрізка часу не зазнають істотних змін;

стратегія поведінки оператора відома і не змінюється в процесі вирішення однотипних завдань;

число вступників до оператора різних сигналів невелика, самі сигнали слабко залежать друг від друга;

тимчасова невизначеність сигналів істотно менша за смислову невизначеність або вона може бути врахована при розрахунках кількості інформації.

У моделях діяльності на основі теорії масового обслуговування виходять з уявлення про оператора як обслуговуючий прилад, на який надходить вхідний потік сигналів від СОІ, а обслуговування полягає в переробці цих сигналів.

Застосування апарату теорії масового обслуговування дозволяє врахувати ряд специфічних особливостей, притаманних діяльності оператора і зумовлених представленням їх як обслуговуючого апарату.

Основні обмеження застосування методів теорії масового обслуговування пов'язані з труднощами обліку якісної, змістовної сторони обслуговування, а також запровадженням низки обмежень щодо виду вхідного потоку заявок та закону розподілу часу обслуговування (найпростіший потік, експонентний закон розподілу). Застосування їх можливе при виконанні таких умов:

інформація, що надходить до оператора, повинна допускати інтерпретацію її в термінах вхідного потоку заявок;

вхідний потік та час обслуговування повинні підпорядковуватися певним законам розподілу;

вхідний потік повинен бути однорідним, інакше має бути можливим його поділ на однорідні групи (за терміновістю, важливістю, витратами на обслуговування);

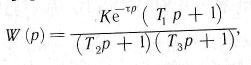
для відображення динамічного характеру процесу обслуговування має бути встановлена ​​система критеріальних тимчасових функцій, що дозволяє оцінити ефективність системи на нестаціонарних режимах роботи.

Використання методів теорії автоматичного регулювання пов'язане з моделюванням порівняно простих функцій оператора при взаємодії з машиною. Як правило, при побудові моделі відомі характеристики вхідного та вихідного сигналів, і за допомогою методів теорії автоматичного регулювання ідентифікується вид ланки (людина-оператор), що здійснює

перетворення.

Моделі, засновані на методах теорії автоматичного регулювання, отримали найбільш широке застосування при моделюванні функцій стеження оператором вхідних сигналів гауссового типу низька частота.

У режимі відстеження дії оператора описуються лінійною моделлю виду



1. де е %р — оператор, що характеризує людину як запізнюючу ланку; (Tip -f- \)/(Т%р + 1) - оператор, що характеризує стабілізуючі властивості людини в системі; 1 / (Г3р + 1) - Оператор, що відображає динаміку нервово-м'язової системи людини. Оператор К. (Тр + 1) / (Т^р + 1) характеризує здатність людини змінювати свої динамічні властивості стосовно особливостей конкретного керованого об'єкта і характеру вхідних сигналів. Інерційність людини-оператора 1 / (Т^р + -\- 1) пов'язана з необхідністю узагальнення інформації, що сприймається людиною в СОІ; т - час чистого латентного запізнення, залежить від тренованості операторів. Постійна часу Т% збільшується з ускладненням законів зміни вхідних змінних та зі зростанням обсягу вхідної інформації. Оператор (Tip-1) характеризує здатність людини попереджати розвиток процесу регулювання.
2. У ході вдосконалення лінійної моделі усувалися істотні недоліки, властиві їй (неврахування стохастичності, обмеження за швидкістю реакції, наявність сенсорних порогів, що формуються як зони нечутливості, та ін), що призвело до побудови дискретної та нелінійної моделей стеження.
3. У дискретній моделі зміна сигналу не впливає на точність стеження до наступного квантування; імпульсний елемент розширює частотний спектр входу; ланцюг фіксації, яка слідує за імпульсним елементом, представляє екстраполятор, що відновлює сигнал на основі інформації, отриманої в момент квантування.
4. При побудові нелінійних моделей враховуються нелінійності типу зони нечутливості, насичення вхідної величини за швидкістю, динамічні межі спрацьовування нервово-м'язової системи та інших.
5. Для опису складної структури діяльності оператора та оцінки якості його функціонування досить ефективним є узагальнений структурний метод (ОСМ). Основним принципом ОСМ є принцип функціональної основи, за яким кількісна оцінка показників якості функціонування системи «людина — машина» здійснюється шляхом побудови та аналізу структур діяльності людини-оператора. Математичними моделями описуваного класу систем є стохастичні графи з петлями та циклами. Для описи алгоритмів функціонування людино-машинних систем використовується графічна схема запису алгоритмів як сукупності типових блоків функцій.
6. У ОСМ діяльність оператора представляється як сукупності типових одиниць функціонування. Виділяються основні та допоміжні одиниці функціонування. До основних одиниць функціонування відносяться такі операції:
7. робоча, що означає моторні операції та дії, пов'язані з впливом на органи управління, сприйняттям інформації з індикаторів за допомогою зорового або слухового сенсорних входів оператора;
8. альтернативна - означає діяльність оператора з метою вибору однієї з кількох альтернатив;
9. затримка — одиниця функціонування, що означає планове очікування оператором моменту, з якого він має розпочати чи продовжити подальше виконання алгоритму діяльності.
10. До допоміжних одиниць функціонування відносяться:
11. функціональний контроль, що являє собою діяльність з метою встановлення правильності виконання певної основної одиниці (або кількох одиниць);
12. діагностичний контроль, метою якого є встановлення працездатності техніки, з якою взаємодіє людина у процесі діяльності.
13. Важливим принципом ОСМ є принцип ієрархічності функціональних структур. При цьому деяка загальна структура виконання складної функції представляється у вигляді структур ієрархічно підпорядкованих простих функцій, що реалізуються за допомогою сукупності дій. У свою чергу, кожна з дій може бути представлена ​​у вигляді впорядкованої сукупності окремих операцій, що здійснюються під час взаємодії з органом управління та СОІ.
14. При описі діяльності оператора використовуються типові математичні моделі, що є блоками, утвореними з типових одиниць функціонування, для яких отримані математичні залежності ймовірності безпомилкового виконання алгоритму діяльності та характеристики завантаження оператора.
15. Більшість розглянутих математичних моделей призначена для моделювання окремих видів діяльності людини. При моделюванні діяльності оператора в цілому намагаються об'єднати переваги деяких моделей, використовуючи їх як відповідний математичний опис на окремих етапах діяльності оператора. Об'єднання доцільно здійснювати на двох рівнях:
16. 1. Різні математичні формалізми повинні спиратися на загальну інформаційну структуру, одержуючи від неї вихідні дані та засилаючи туди результати.
17. 2. Роботи різних формалізмів повинні бути послідовно сумісні, щоб результати попереднього етапу діяльності були вихідними даними для чергового етапу.

**4. Методи проектування систем відображення інформації**

Розробка СОІ є складне завдання, при вирішенні якої необхідно враховувати сукупність системотехнічних, інженерно-психологічних вимог. Ці вимоги який завжди може бути задоволені одночасно, у процесі розробки виконують ряд ітерацій, дозволяють у результаті отримати компромісні рішення, які забезпечують отримання прийнятних параметрів системи. Розробка СОІ включає ряд етапів, основними з яких є:

психологічний аналіз діяльності оператора та визначення інформації, необхідної йому для виконання заданих функцій;

узгодження інтенсивності потоку сигналів з реальними можливостями людини-оператора щодо їх прийому, що важливо для досягнення найвищої ефективності роботи системи;

вибір конкретних типів індикаторів, що найбільш повно відповідають характеру розв'язуваних завдань та можливостям оператора з прийому та переробки інформації;

композиційне рішення та визначення конкретної структури СОІ (вибір способу кодування та довжини алфавіту сигналів, вибір характеристик окремих індикаторів, розподіл інформації між ними, визначення їх взаємозв'язку та взаємного розташування, просторове компонування індикаторів, композиційне та колірне рішення системи);

розробка та випробування дослідних зразків, оцінка отриманих рішень побудови системи та проведення послідовної корекції її структури для отримання прийнятних значень її вихідних характеристик.

Найповніше вирішення перелічених завдань забезпечується за допомогою методів проектування, заснованих на структурно-психологічному, системно-лінгвістичному та графоаналітичному підходах.

Структурно-психологічний підхід заснований на концепції, суть якої зводиться до того, що структура відображення статистично обумовлює стратегію (переважні способи) та складність розв'язання оператором завдань управління. Насамперед це стосується завдань управління АСУ. При цьому мета оптимального синтезу систем і форм відображення інформації представляється як максимальне наближення реальних значень психологічних факторів складності вирішення оперативних завдань до їх значень, які можуть забезпечити високу точність, надійність і швидкість дій людини-оператора.

Такий підхід дозволяє виявити відмінності у варіантах побудови системи відображення, психологічні основи цих відмінностей, аналізувати окремі варіанти структури з визначенням ступеня адекватності процесам вирішення оперативних завдань, формулювати загальні психологічні принципи вибору структури системи відображення, що статистично обумовлюють зниження ре -альної складності розв'язання оперативних завдань.

Для якісної та кількісної характеристик процесів рішення використовується обмежена кількість координат концептуальної моделі та перетворень над нею в ході прийняття рішення. Такі координати одержали назву психологічних факторів складності.

При відборі чинників до них пред'являють низку вимог: залежність реальних значень чинників від структури інформаційних моделей; повторюваність, вимірність і статистична достовірність значень, позитивний статистичний зв'язок кожного фактора з критерієм складності завдань; високий коефіцієнт множинної кореляції критеріїв складності задач та обраної сукупності факторів. До психологічних чинників складності відносяться такі фактори, як число операцій в алгоритмі вирішення задачі; число елементів, включених у це завдання (оперативний обсяг відображення), число критичних елементів; число можливих варіантів вирішення та ряд інших системотворних факторів. Обирається число психологічних чинників складності залежить від заданої тісноти статистичного зв'язку та його основних критеріїв складності (надійності, ефективності, напруженості) і значно менше від кількості зовнішніх чинників складності, що зумовлюють показники діяльності людини-оператора.

Аналіз статистичної залежності показників діяльності від психологічних факторів складності дозволяє виявити фактори, що найбільше впливають на значення різних показників. Відповідним зміною значень психологічних чинників складності можна оптимізувати структуру СОІ.

Системно-лінгвістичний підхід полягає в ієрархічному розвитку процесу проектування при русі зверху вниз, від завдань, що реалізуються системою «людина - машина», до пристроїв та програм відображення. Основною метою проектування СОІ є знаходження оптимальної мови обміну, її виразних засобів та граматики, за допомогою якого описуються зміни у технологічному процесі та режимах його роботи.

Граматика являє собою набір синтаксичних правил, додаток яких до вихідного тексту породжує поточні структури процесів контролю та управління. Виділяють три види взаємопов'язаних граматик: функціонування об'єкта, відображення інформації та управління. Вони утворюють лінгвістичну модель сприйняття та переробки інформації. У результаті процедура синтезу СОІ постає як системної процедури знаходження оптимальної мови обміну людини з машиною і вибору технічних засобів для реалізації цієї мови.

Вихідними даними для синтезу СОІ є характеристики та можливості операторів, їх кількість, кваліфікація, розв'язувані ними завдання, розподіл функцій між програмною та апаратною частинами системи, деталізований опис алгоритмів.

Процес синтезу включає такі фази: формування завдань, облік традицій у проектуванні та експлуатації систем «людина — машина», генерація варіантів побудови СОІ, формування моделі та аналіз варіантів СОІ, вибір технічних засобів. Кожна фаза поділяється на етапи проектування. Фаза формування завдань на основі вихідних даних визначає клас, до якого належить проектована СОІ.

Фаза обліку традицій та вимог замовників заснована на використанні заповнюваних фахівцями набору анкет, ієрархічно пов'язаних між собою. Анкети передбачають чітку постановку питань та максимально спрощену процедуру відповіді. Вони дозволяють отримати практично всі необхідні відомості, на основі яких формуються кількісні оцінки для проектування СОІ.

Ключовою фазою проектування СОІ є фаза генерації варіантів, на якій здійснюється операційний опис діяльності персоналу, виділяються види спілкування та режими обміну, визначаються мови відображення властивостей керованого об'єкта, засобів автоматики, характеристик операторів, а також виконується побудова граматики мови обміну, що породжує.

Фаза формування моделі та аналізу варіантів базується на математичній моделі прийняття рішень. Здійснюється виділення часто повторюваних стійких груп елементарних актів та їх ув'язування із сукупністю відображуваної інформації (гіпертекст). На моделі прийняття рішень у ході експериментів при широкій варіації вхідних даних здійснюється вибір найліпшого зв'язку фаза-діалогу - гіпертекст.

Заключною фазою проектування є технічна реалізація СОІ. Виконується програмне забезпечення, пов'язане з відображенням інформації, та проводиться вибір технічних засобів індикації.

У процесі створення СОІ можливий пропуск деяких етапів, повернення до раніше виконаних етапів і т. д. Велику роль при синтезі системи відображення грає інженерно-психологічний експеримент, у процесі якого виділяються хід та особливості прийняття рішень операторами, типові блоки діяльності, ефективність конструкцій та знаків обміну.

Графоаналітичний підхід знайшов широке застосування при проектуванні систем відображення інформації в автоматизованих системах наукових досліджень (АСНІ). Він базується на використанні методу табличного програмування, методу експертних оцінок зі своїм наступним ранжуванням, апарату теорії графів.

Для виявлення необхідної структури (номенклатури та організації) СОІ насамперед має бути побудована картина розподілу потоків інформації. Для вирішення цього завдання використовується граф спільних станів елементів системи відображення оператора.

Реалізація графа станів складає основі структурної схеми подій. Остання повинна містити якомога повніший перелік ситуацій, які можуть виникнути в процесі роботи інформаційно-вимірювальної системи та СОІ, із зазначенням логічних причинно-наслідкових зв'язків між ними, а також бажаної послідовності дій оператора.

Перелік можливих ситуацій і при цьому доцільний порядок дій оператора можуть бути отримані шляхом опитування групи фахівців та опрацювання отриманих відомостей методами рангової кореляції.

Граф спільних станів є кінцевий орієнтований плоский граф. Вузли графа відповідають джерел інформації, якими користується оператор системи. Склад джерел інформації визначається на основі структурної схеми подій, що задає всі дії оператора на кожному з етапів функціонування системи.

Дуги графа є окремі дії, що виконуються оператором. З'єднання вузлів графа орієнтованими дугами здійснюється відповідно до послідовності дій та однієї ситуації, що визначається на основі структурної схеми подій.

Структура графа спільних станів повинна повністю реалізувати альтернативний та тимчасовий розподіл подій у системі, а також дозволяти оператору здійснювати всі необхідні дії в планованому порядку.

Вузли графа характеризуються кількістю інформації /-го вузла, дуги графа характеризуються часом роботи оператора на

дузі, що з'єднує i-й та/-і вузли. Величинами, що характеризують властивості вузлів і дуг у сукупності, є потік інформації /, що відходить від i-ro вузла, а також пропускна спроможність G, дуги.

Граф спільних станів, сутнісно, ​​вже містить у собі структуру проектованої СОІ. Якісний та кількісний аналіз графа дає можливість отримати ряд даних, що уточнюють цю структуру та характеризують її окремі компоненти.

На основі графа спільних станів елементів СОІ та оператора проводиться розрахунок основних параметрів СОІ, за якими здійснюється вибір конкретних УОІ змінної номенклатури засобів.

Вибір УОІ дозволяє трансформувати граф спільних станів у розгорнутий у часі ймовірнісний алгоритм функціонування спроектованої СОІ, за допомогою якого проводиться перевірка правильності проектування СОІ та необхідне коригування графа конкретних параметрів обраних УОІ. З цією метою послідовно проводять розрахунок у всіх гілках відкоригованого графа станів витрат часу операторів. Визначення тимчасових витрат здійснюється відповідно до положень, наведених у 5.1. Перевіряється умова, за якого час витрат має перевищувати допустимого рівня. При необхідності виконання цієї умови домагаються шляхом варіювання кількості індикаторів на гілках, скороченням кількості інформації, що надходить до оператора з індикаторів, конструктивного зближення індикаторів (зменшення тим самим часу на огляд індикаторів).

**Контрольні питання та завдання**

1. Які етапи можна виділити у діяльності оператора інформаційно-вимірювальної системи?

2. На чому ґрунтується моделювання діяльності людини з використанням методів теорії інформації?

3. Які умови накладаються застосування моделей діяльності оператора з урахуванням методів теорії масового обслуговування?

4. Які особливості застосування методів теорії автоматичного регулювання під час моделювання діяльності оператора?

5. Дайте характеристику узагальненого структурного методу для опису діяльності оператора.

6. Перерахуйте основні етапи розробки СОІ.

7. Охарактеризуйте основні методи проектування СОІ.